

# INSTITUT D'ÉLECTRONIQUE ET DE TÉLÉCOMMUNICATIONS DE RENNES

Présenté par :  
Ali Cheaito



Dérivation de l'EVM  
pour les signaux  
multiporteuses:  
Impact conjoint de  
l'Amplification Non linéaire  
et de la Prédistorsion

18/12/2014



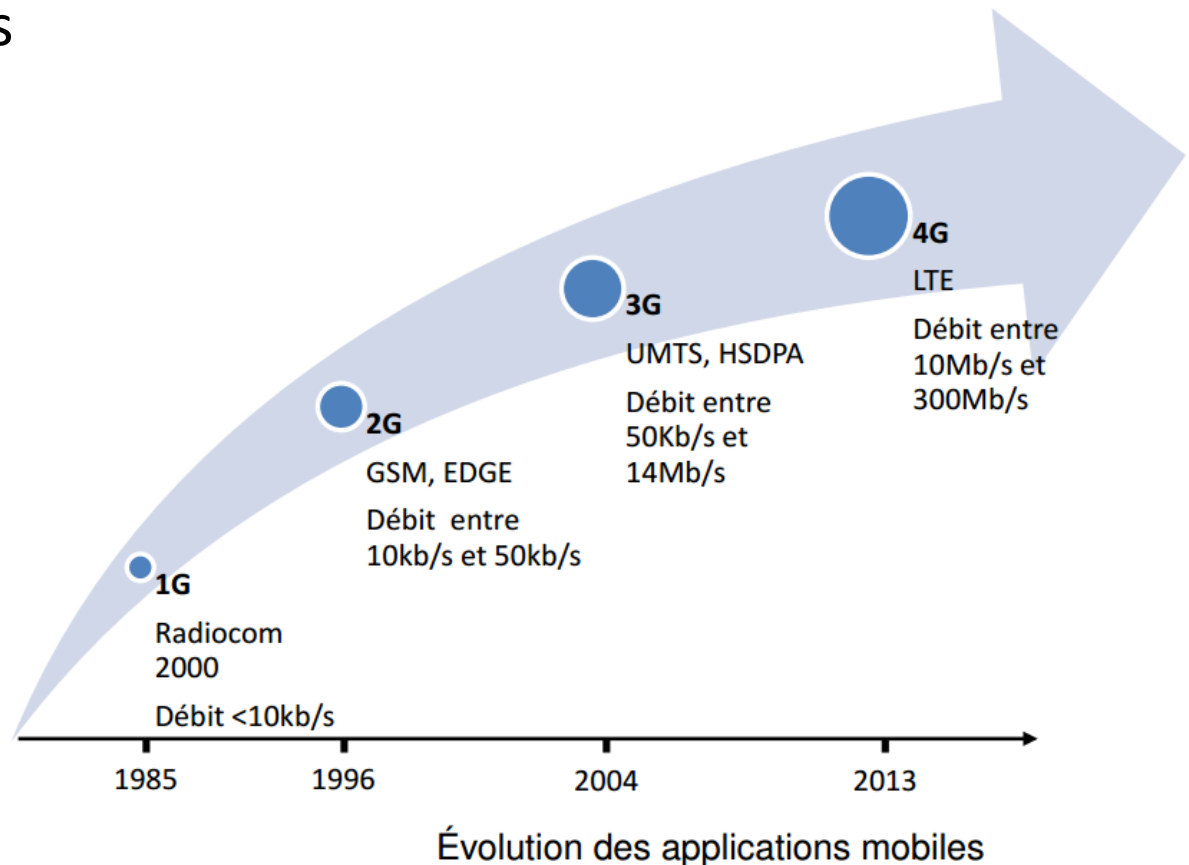
UNIVERSITÉ DE NANTES



- Contexte et problématique
- État de l'art
- La solution conjointe et adaptative
- Notre première contribution
- Conclusion
- Publication
- Références

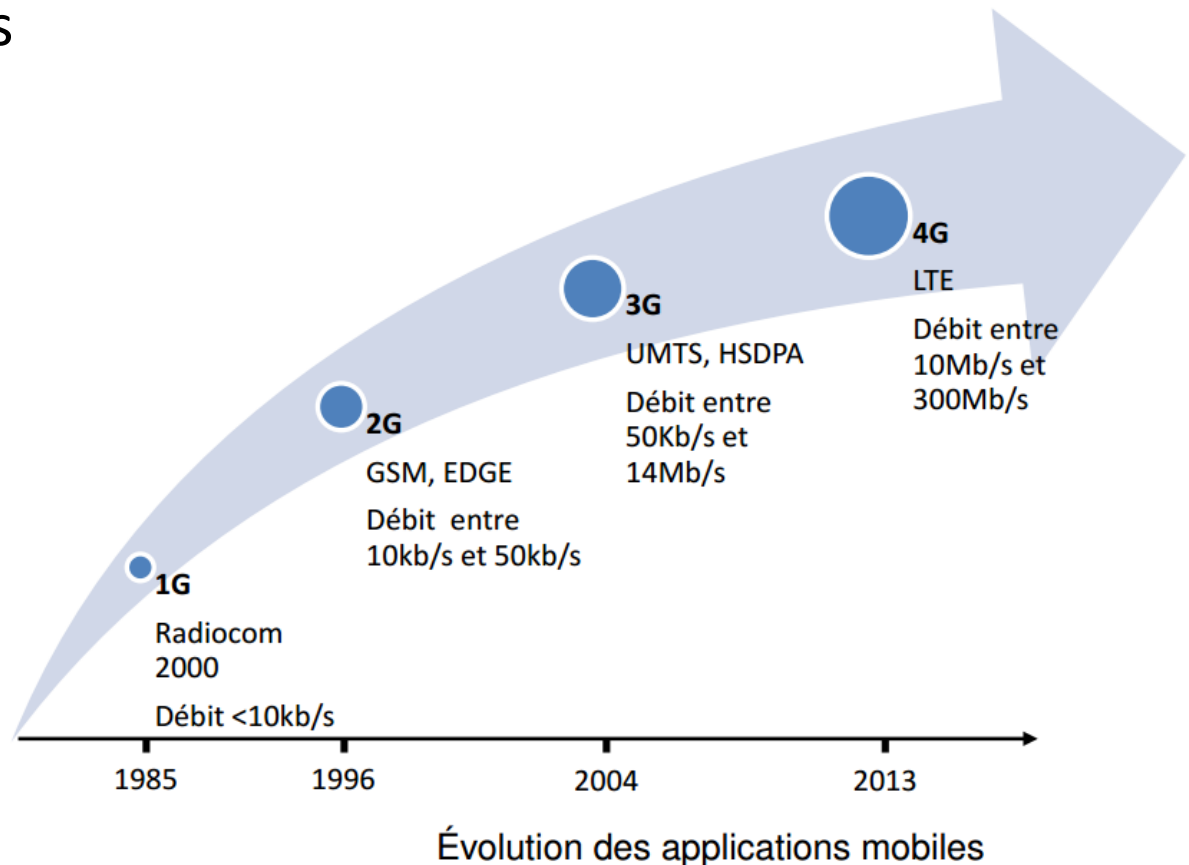
# Contexte et problématique

Les systèmes de communications ont des demandes de plus en plus croissantes



Les systèmes de communications ont des demandes de plus en plus croissantes

- Plus de fiabilité
- Plus de débit
- Plus de mobilité
- Plus d'autonomie
- Plus d'efficacité spectrale



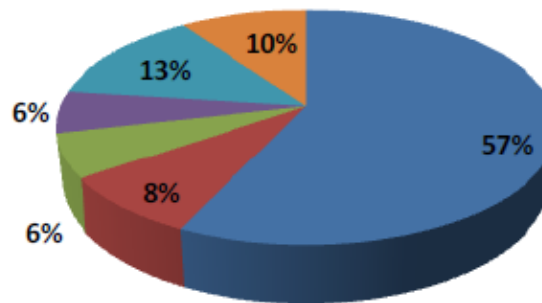
- Forte consommation énergétique des infrastructures de télécommunications
  - 4.6% de l'énergie consommée dans le monde entier \*
  - 2% des émissions de CO2 mondiales



- Forte consommation énergétique des infrastructures de télécommunications
  - 4.6% de l'énergie consommée dans le monde entier \*
  - 2% des émissions de CO2 mondiales
- Répartition des puissance consommée dans une station de base LTE du type Macro \*\*

Macro

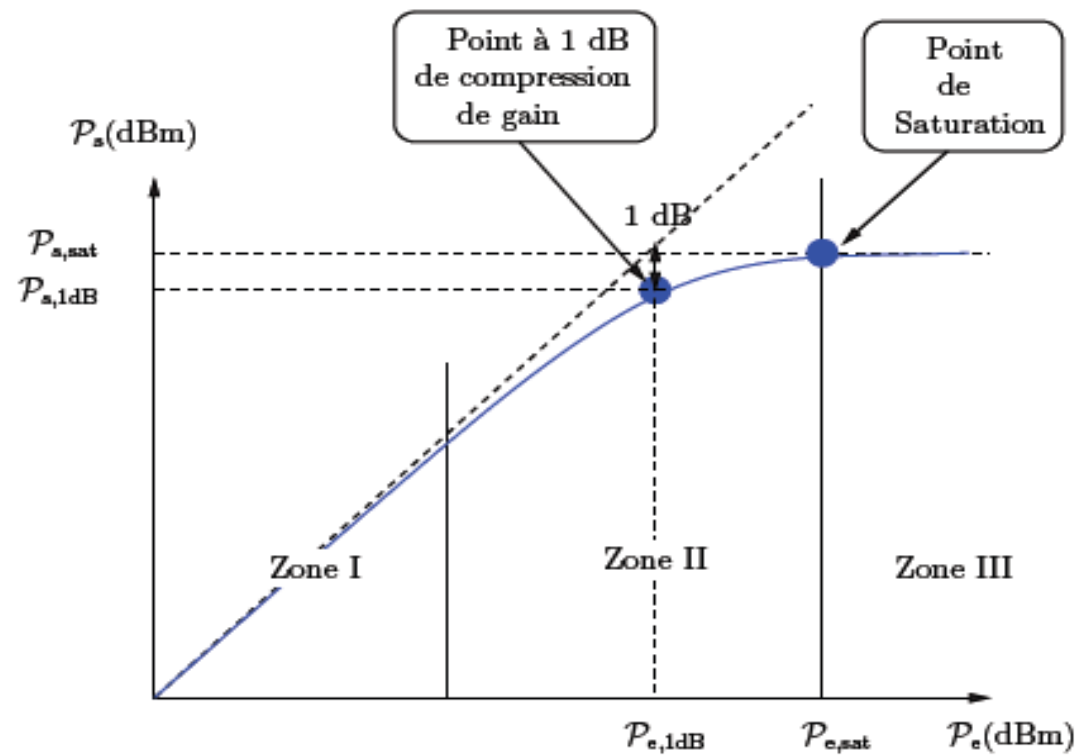
■ PA ■ Main Supply ■ DC-DC ■ RF ■ BB ■ Cooling



[\*] Trends in worldwide ICT electricity consumption from 2007 to 2012

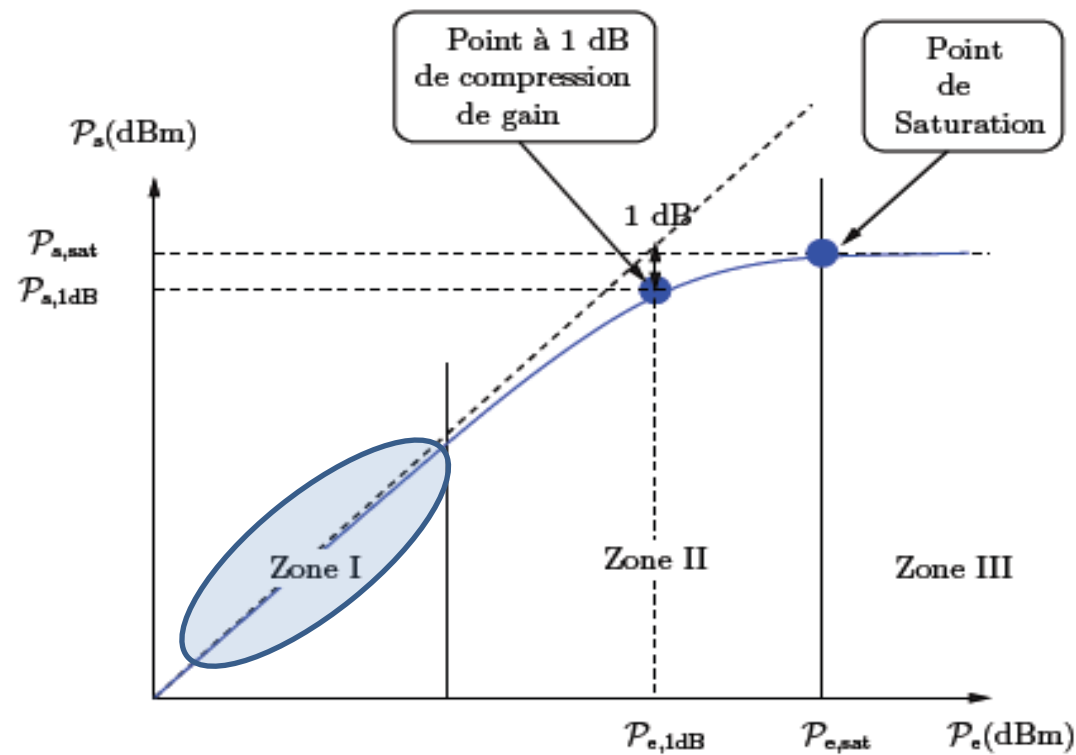
[\*\*] Livrable D2.3 projet EARTH

## Caractéristique AM/AM de l'amplificateur de puissance



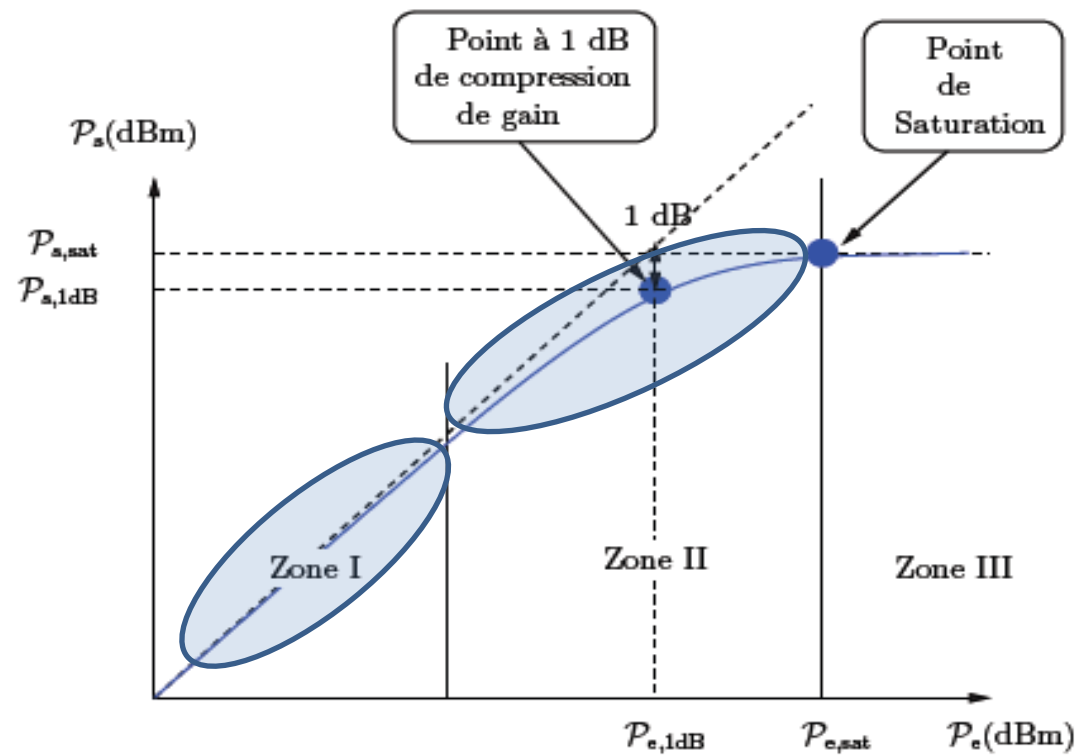


## Caractéristique AM/AM de l'amplificateur de puissance



Zone linéaire

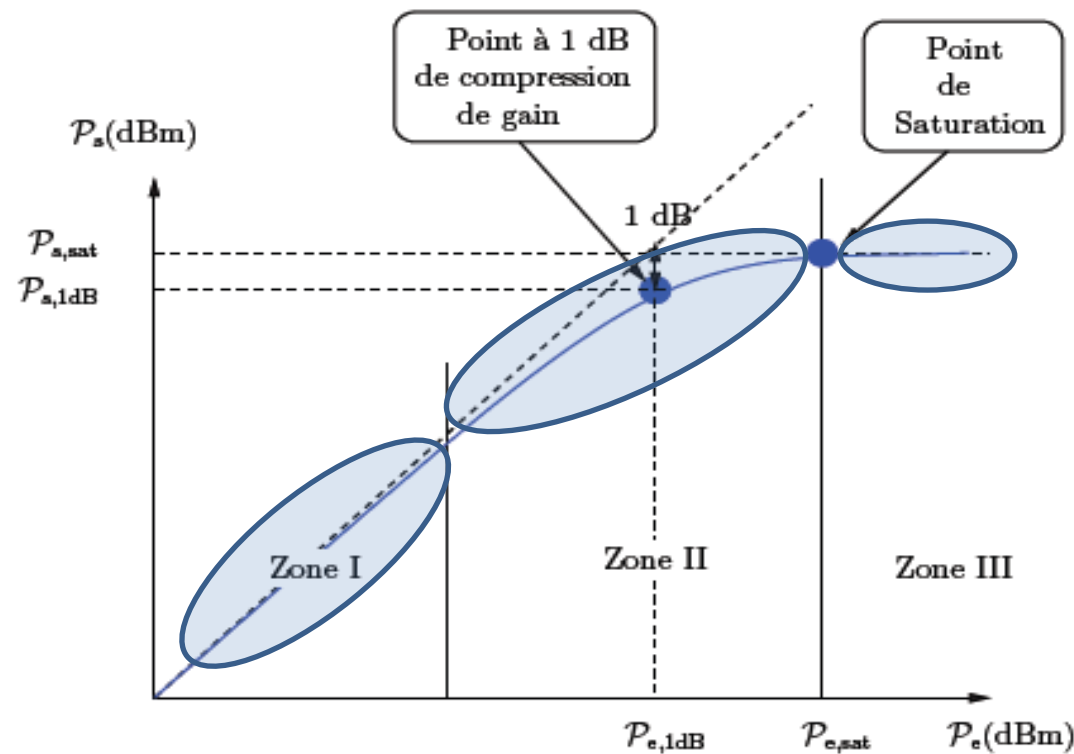
## Caractéristique AM/AM de l'amplificateur de puissance



Zone linéaire

Zone de compression

## Caractéristique AM/AM de l'amplificateur de puissance

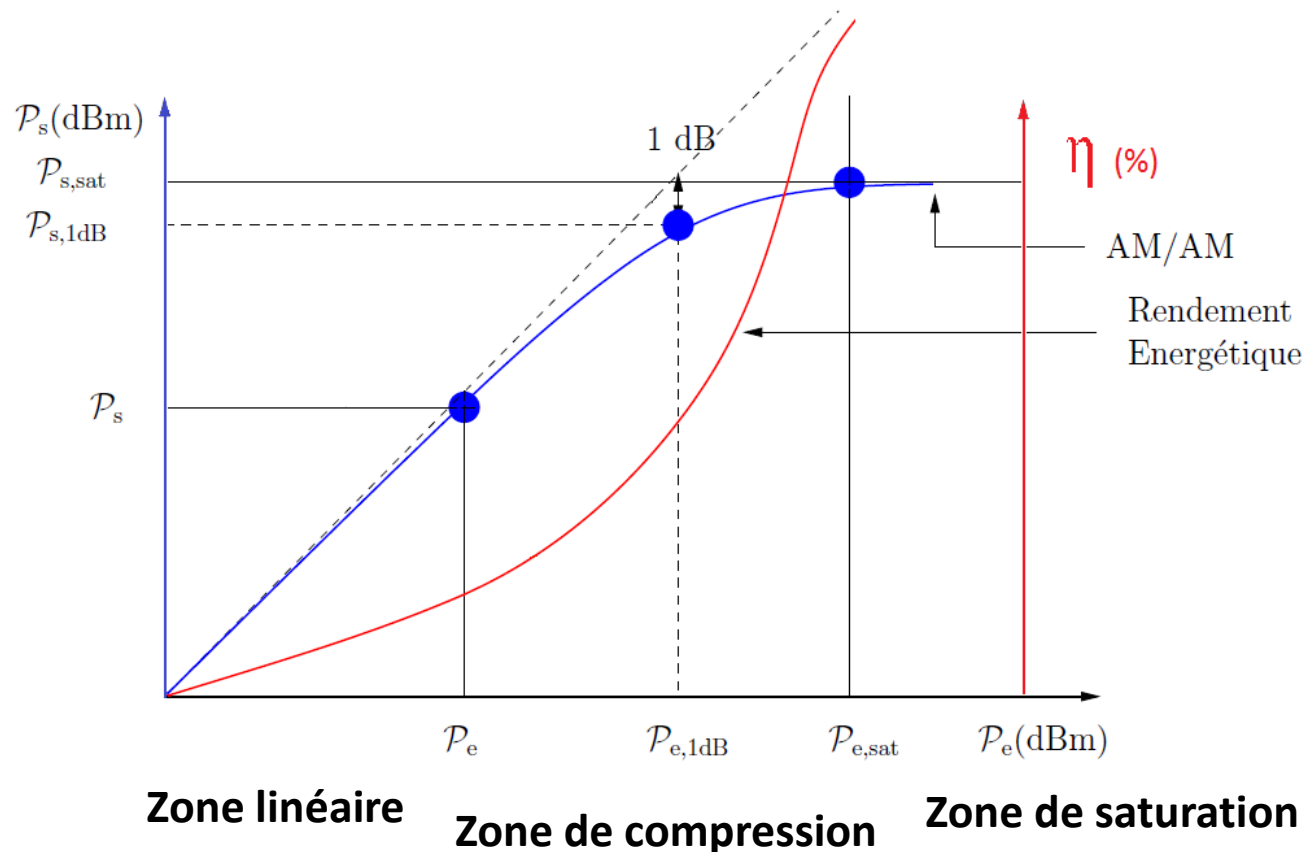


Zone linéaire

Zone de compression

Zone de saturation

## Caractéristique AM/AM de l'amplificateur de puissance

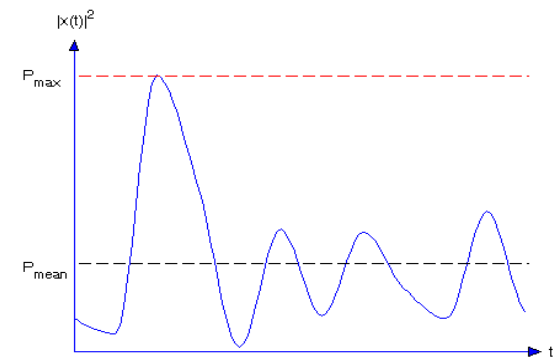


Les techniques de réduction de PAPR

Les méthodes de linéarisation

## Les techniques de réduction de PAPR

**PAPR** : **P**eak to **A**verage **P**ower **R**atio



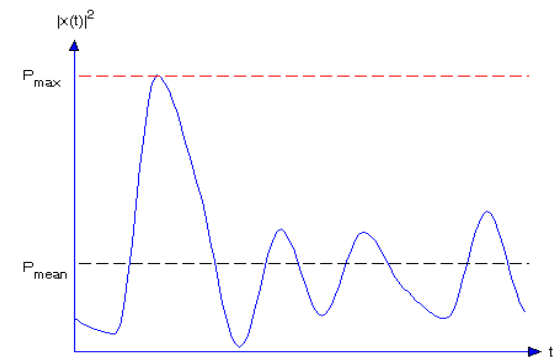
## Les méthodes de linéarisation

$$PAPR = \frac{P_{\max}}{P_{\text{mean}}}$$

## Les techniques de réduction de PAPR

- La technique de codage
- La technique probabiliste
- La technique d'ajout de signal
- ...

**PAPR : Peak to Average Power Ratio**



## Les méthodes de linéarisation

$$PAPR = \frac{P_{\max}}{P_{\text{mean}}}$$



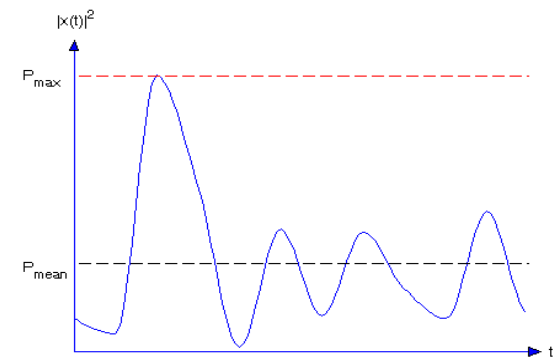
## Les techniques de réduction de PAPR

- La technique de codage
- La technique probabiliste
- La technique d'ajout de signal
- ...

## Les méthodes de linéarisation

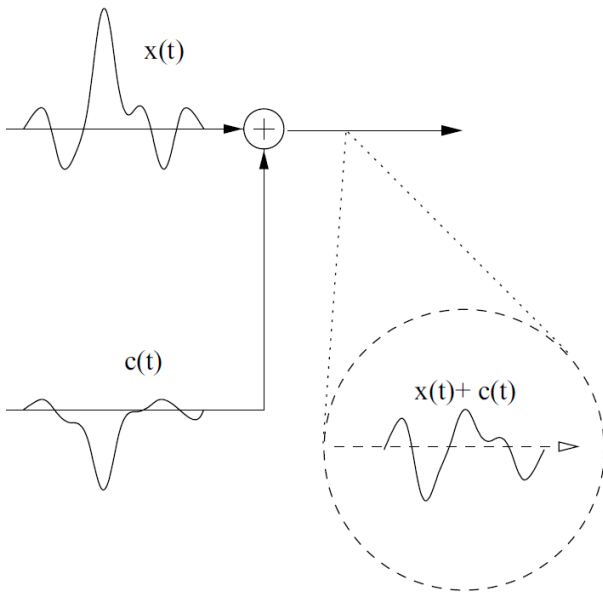
- Feedback
- Feed forward
- Pré-distorsion numérique (DPD)
- ...

**PAPR : Peak to Average Power Ratio**

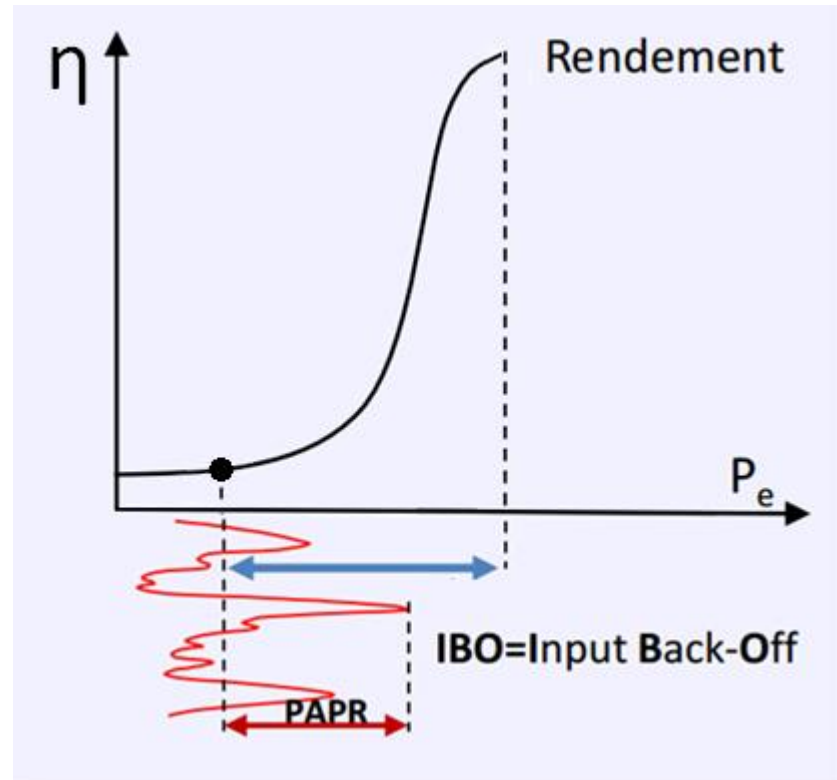
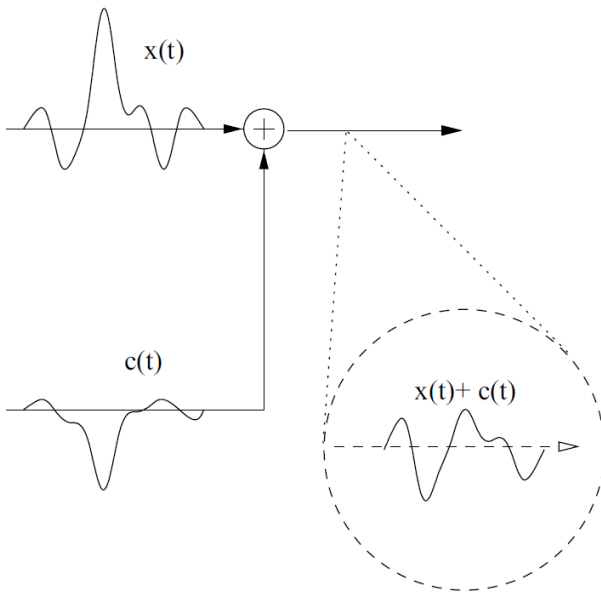


$$PAPR = \frac{P_{\max}}{P_{\text{mean}}}$$

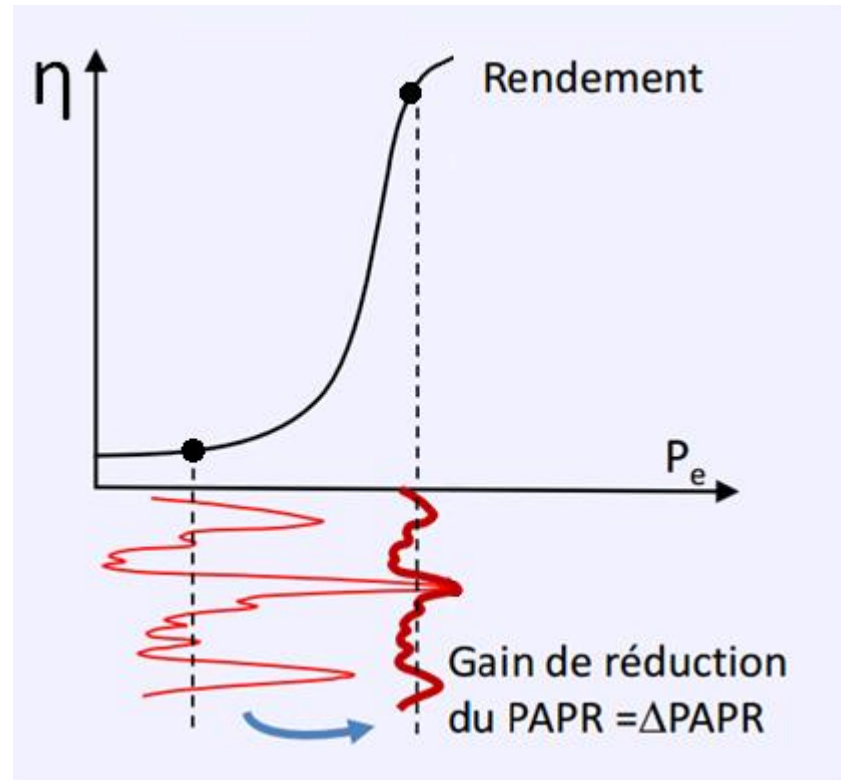
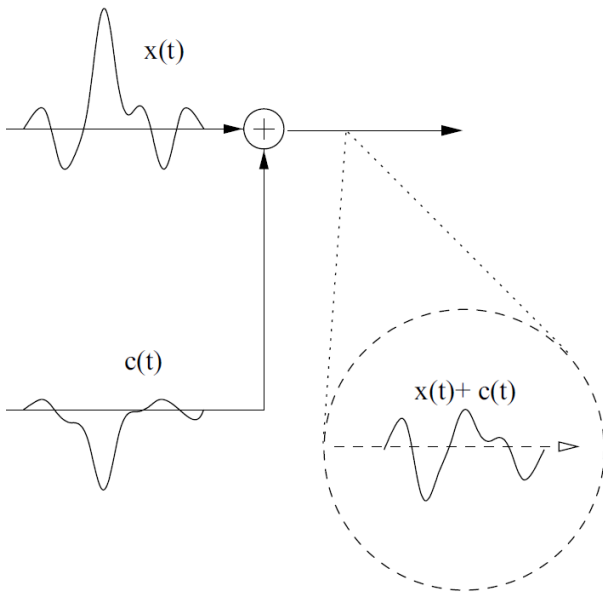
- La technique d'ajout de signal



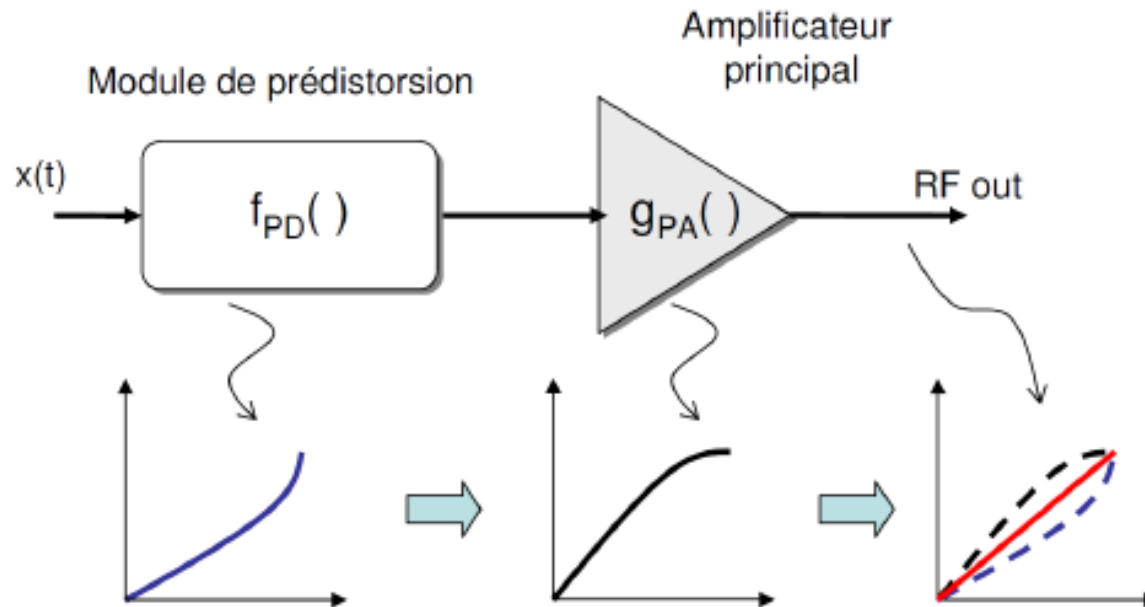
- La technique d'ajout de signal



- La technique d'ajout de signal



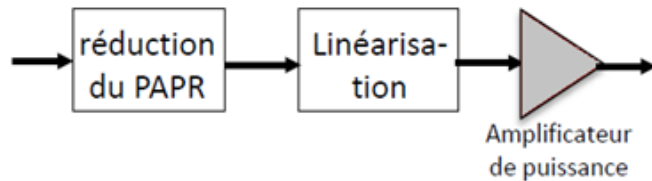
- Pré-distorsion numérique (DPD)



$$g_{PA} \circ f_{PD} = Id$$

# La solution conventionnelle VS La solution conjointe et adaptative

## Approche conventionnelle

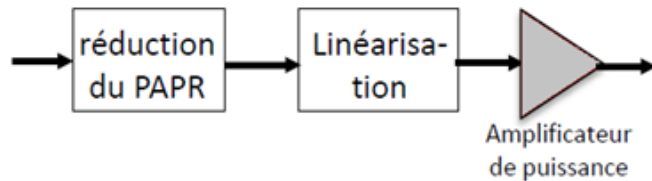


Inconvénients :

- Traitement statique
- Implémentation indépendante
- Conflit entre les techniques

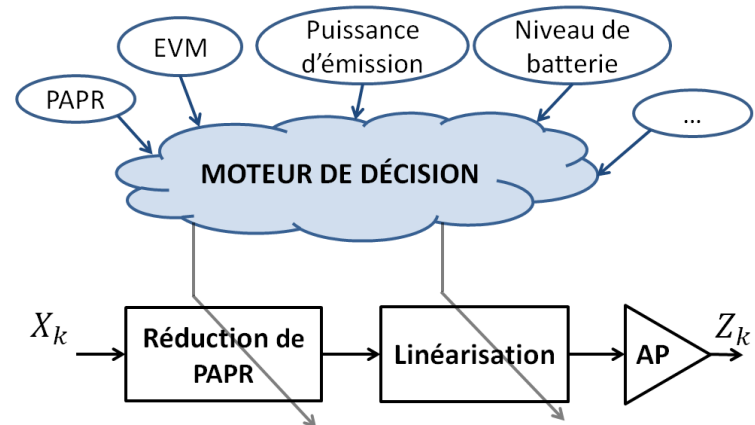


## Approche conventionnelle



**Vs**

## Approche conjointe

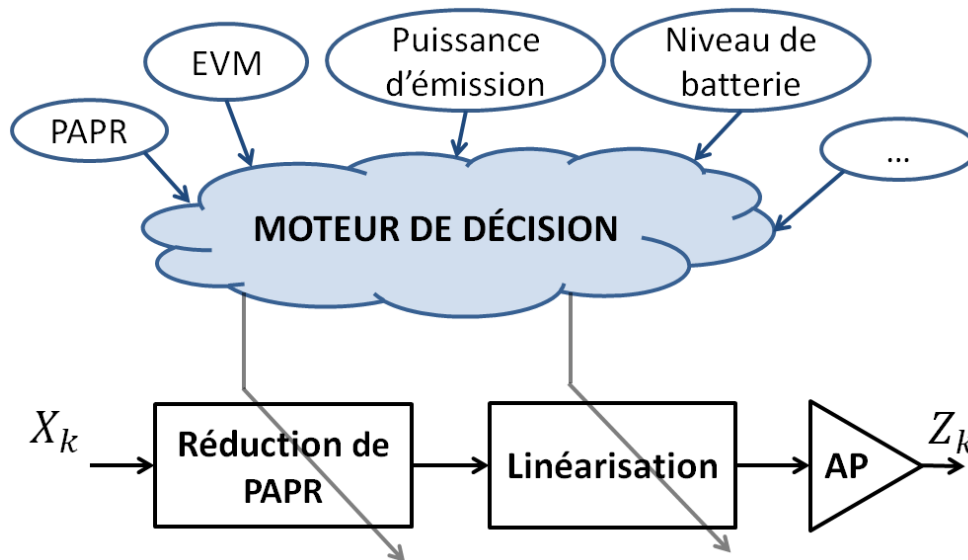


### Inconvénients :

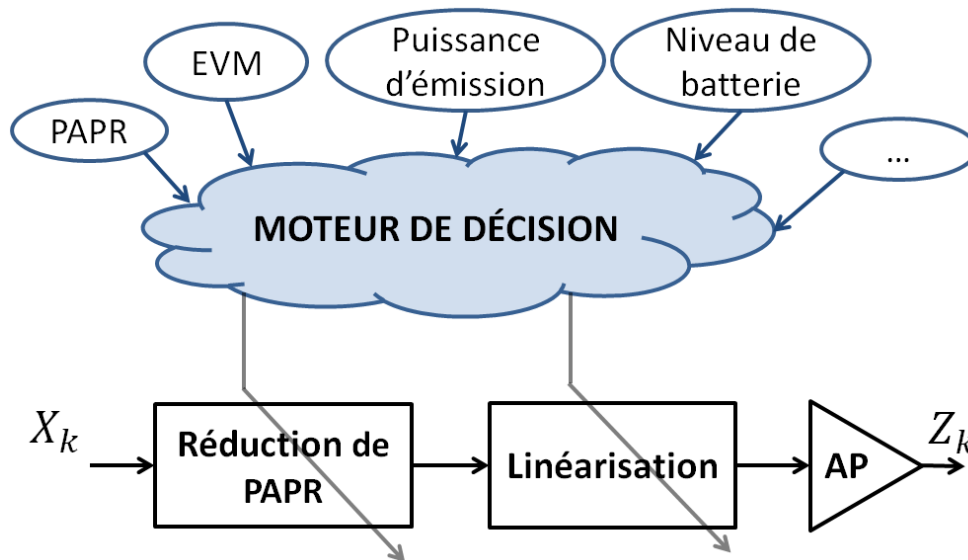
- Traitement statique
- Implémentation indépendante
- Conflit entre les techniques

### Avantages :

- Adaptative et dynamique
- Complémentaire
- Échange d'information



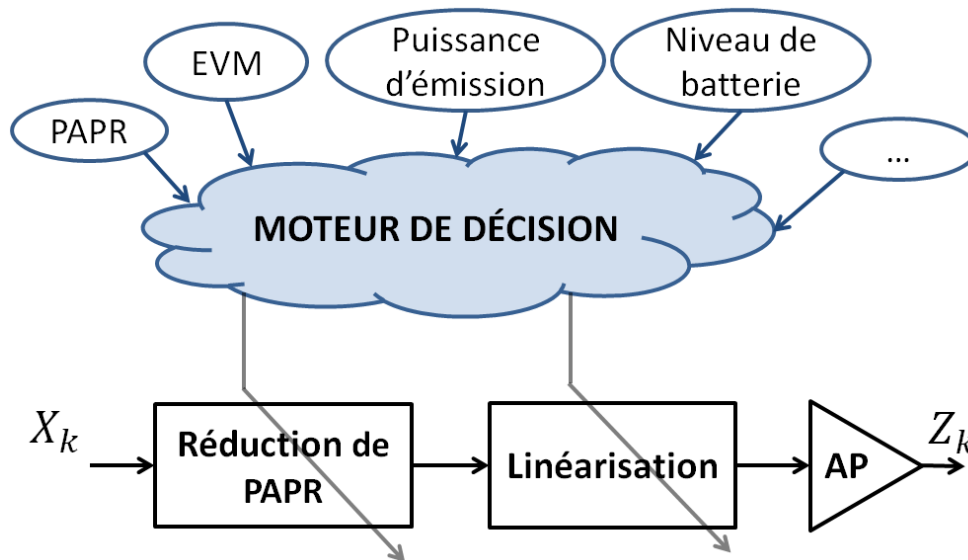
EVM\* : Error Vector Magnitude



Autres Paramètres :

- Distance émetteur -récepteur
- Adjacent Channel Power Ratio (ACPR)
- Complexité du calcul

EVM\* : Error Vector Magnitude



Autres Paramètres :

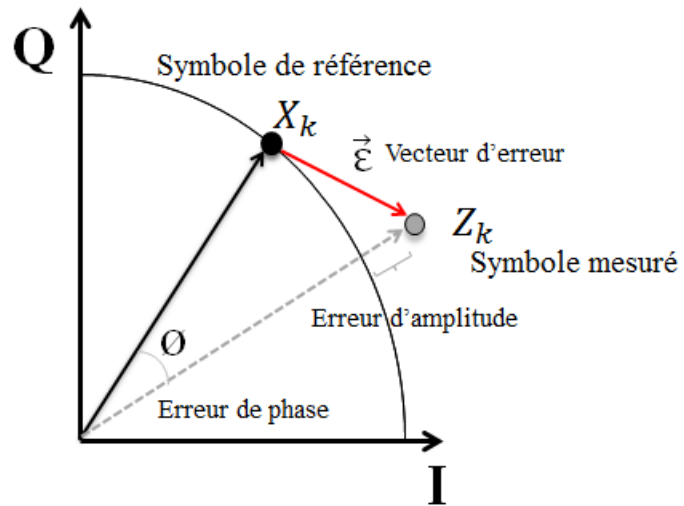
- Distance émetteur -récepteur
- Adjacent Channel Power Ratio (ACPR)
- Complexité du calcul

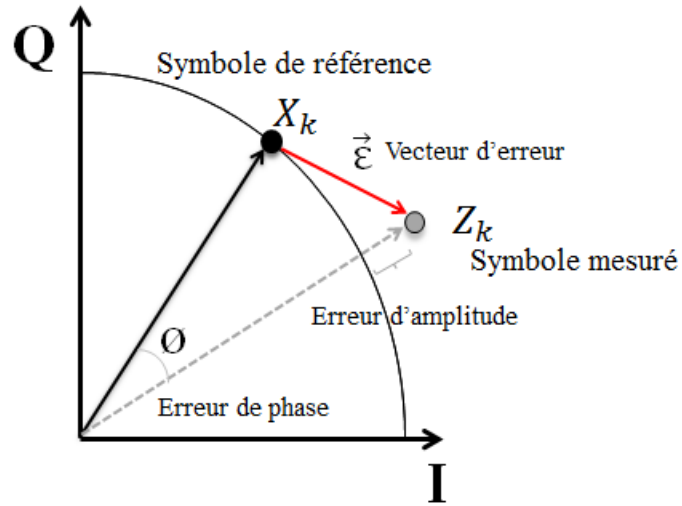
**=> Système auto-configurable**

EVM\* : Error Vector Magnitude

# Notre première contribution

- Calcul analytique de l'EVM  
(Error Vector Magnitude)

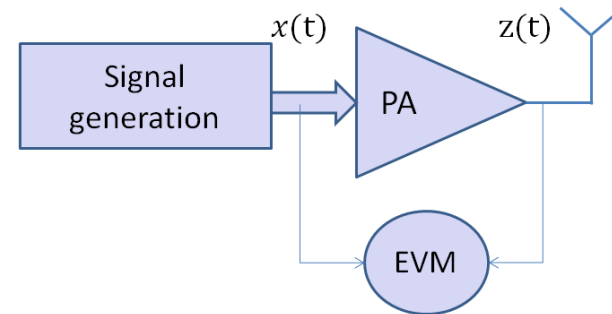
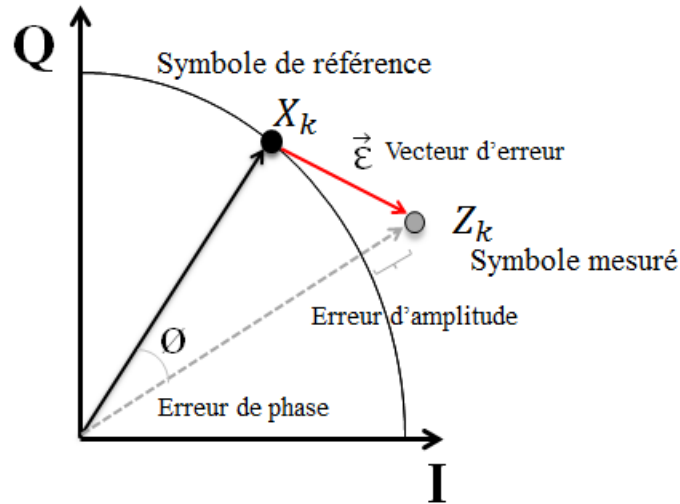




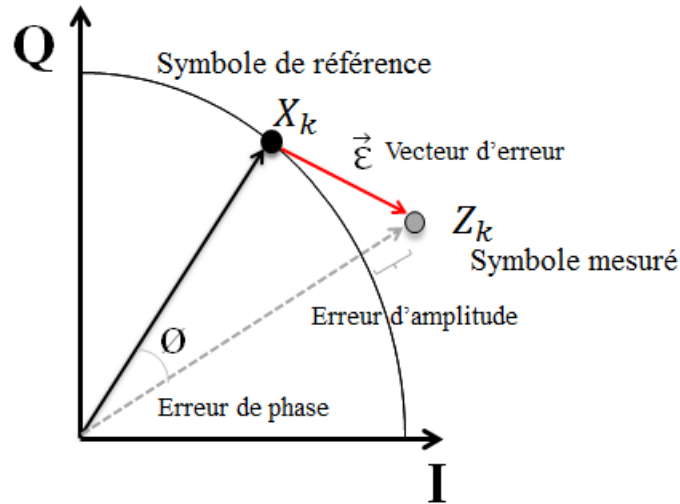
$$EVM = \sqrt{\frac{E \left\{ |Z_k - X_k|^2 \right\}}{E \left\{ |X_k|^2 \right\}}}$$



## 1<sup>ère</sup> cas : Sans DPD

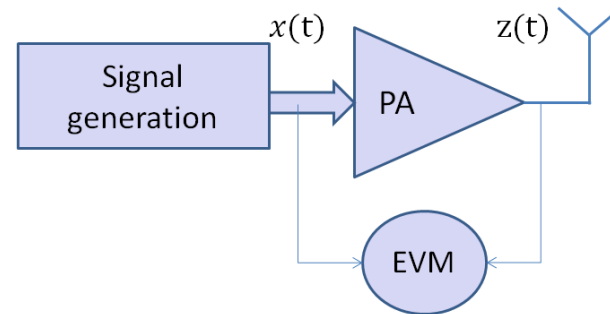


$$EVM = \sqrt{\frac{E \left\{ |Z_k - X_k|^2 \right\}}{E \left\{ |X_k|^2 \right\}}}$$

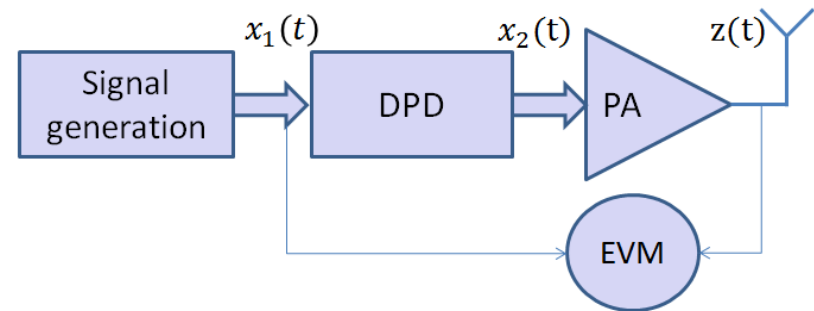


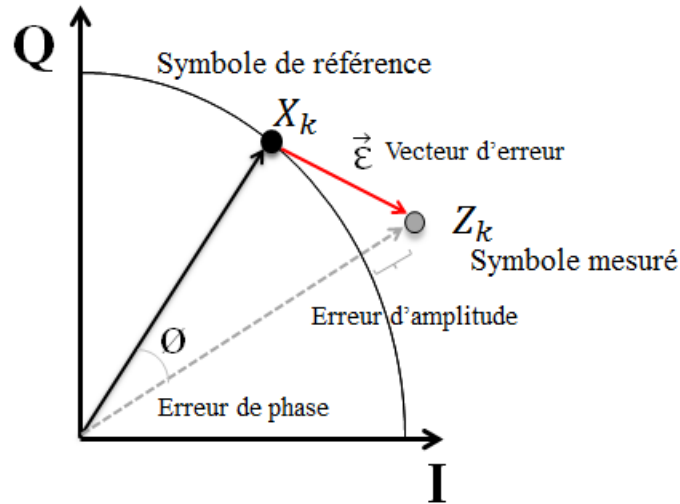
$$EVM = \sqrt{\frac{E \left\{ |Z_k - X_k|^2 \right\}}{E \left\{ |X_k|^2 \right\}}}$$

## 1<sup>ère</sup> cas : Sans DPD



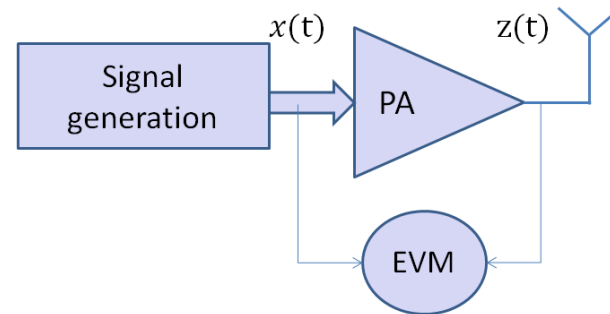
## 2<sup>ème</sup> cas : Avec DPD



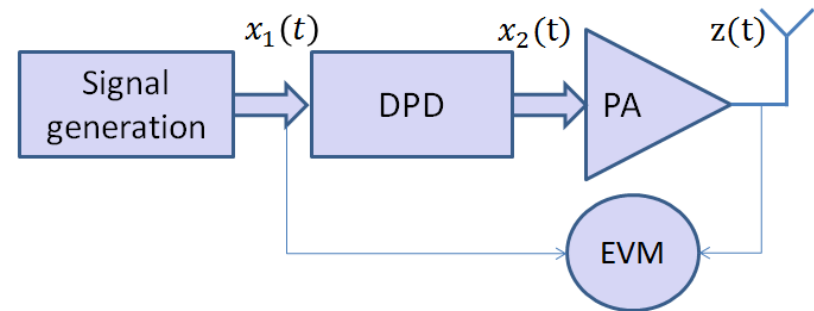


$$EVM = \sqrt{\frac{E \left\{ |Z_k - X_k|^2 \right\}}{E \left\{ |X_k|^2 \right\}}}$$

## 1<sup>ère</sup> cas : Sans DPD



## 2<sup>ème</sup> cas : Avec DPD



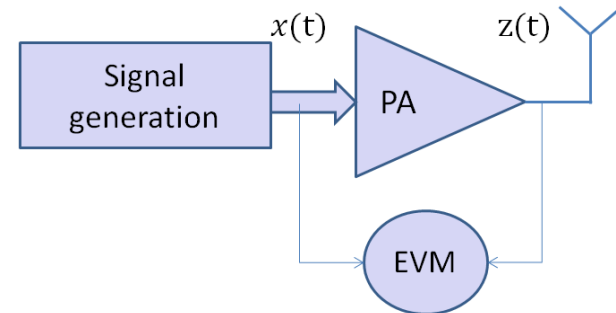
## AP : model de Rapp

$$H_{PA}(r) = \frac{r}{\left(1 + \left(\frac{r}{A}\right)^{2b}\right)^{\frac{1}{2b}}}$$

**Sans DPD :**

$$E \left\{ |Z_k - X_k|^2 \right\} = \int_0^\infty |\epsilon|^2 f_r(r)$$

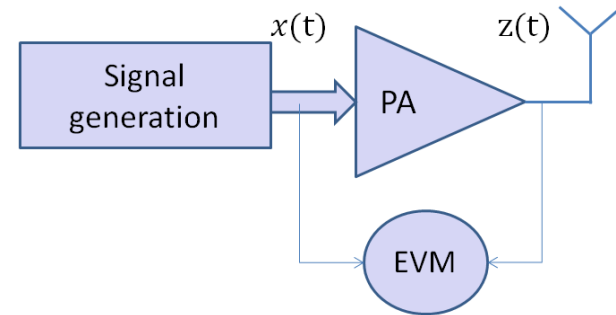
$$E \left\{ |Z_k - X_k|^2 \right\} = \int_0^\infty \left| r - \frac{r}{\left( \left( \frac{r}{A} \right)^{2b} + 1 \right)^{\frac{1}{2b}}} \right|^2 \frac{2r}{P_r} \exp^{-\frac{r^2}{P_r}} dr$$



**Sans DPD :**

$$E \left\{ |Z_k - X_k|^2 \right\} = \int_0^\infty |\epsilon|^2 f_r(r)$$

$$E \left\{ |Z_k - X_k|^2 \right\} = \int_0^\infty \left| r - \frac{r}{\left( \left( \frac{r}{A} \right)^{2b} + 1 \right)^{\frac{1}{2b}}} \right|^2 \frac{2r}{P_r} \exp^{-\frac{r^2}{P_r}} dr$$

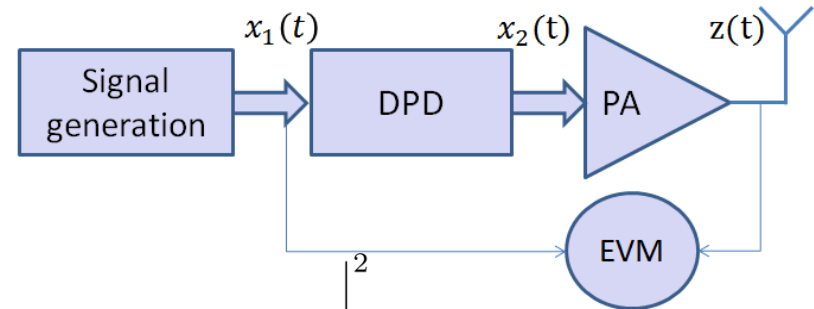


$$\begin{aligned} \text{EVM} = & \left[ - \left( e^{-\text{PAPR}} (\text{PAPR} + 1) - 1 \right) \right. \\ & \left. + \sum_{i=0}^{+\infty} \left[ \left( \frac{-1}{i} \right) - 2 \left( \frac{-1}{2b} \right) \right] \left( \frac{P_r}{A^2} \right)^{bi} \gamma(bi + 2, \text{PAPR}) \right]^{1/2} \end{aligned}$$

**Avec DPD :**

$$E \left\{ |Z_k - X_k|^2 \right\} = \int_0^\infty |\epsilon|^2 f_r(r)$$

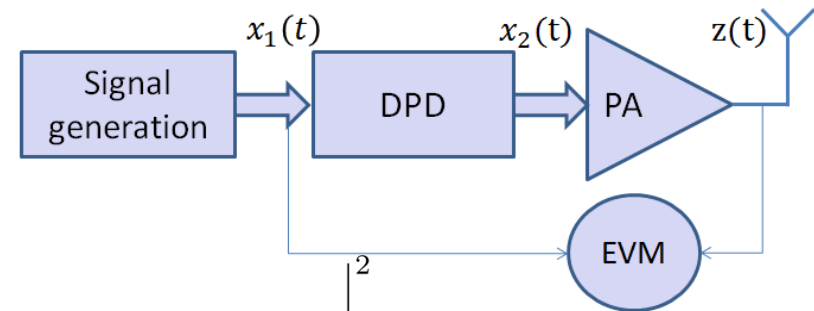
$$E \left\{ |Z_k - X_k|^2 \right\} = \int_{R_{min}}^{R_{max}} \left| r - \frac{r}{\left( \left( 1 - \left( \frac{r}{A} \right)^{2a} \right)^{\frac{b}{a}} + \left( \frac{r}{A} \right)^{2b} \right)^{\frac{1}{2b}}} \right|^2 \frac{2r^2}{P_r} \exp^{-\frac{r^2}{P_r}} dr$$



**Avec DPD :**

$$E \left\{ |Z_k - X_k|^2 \right\} = \int_0^\infty |\epsilon|^2 f_r(r)$$

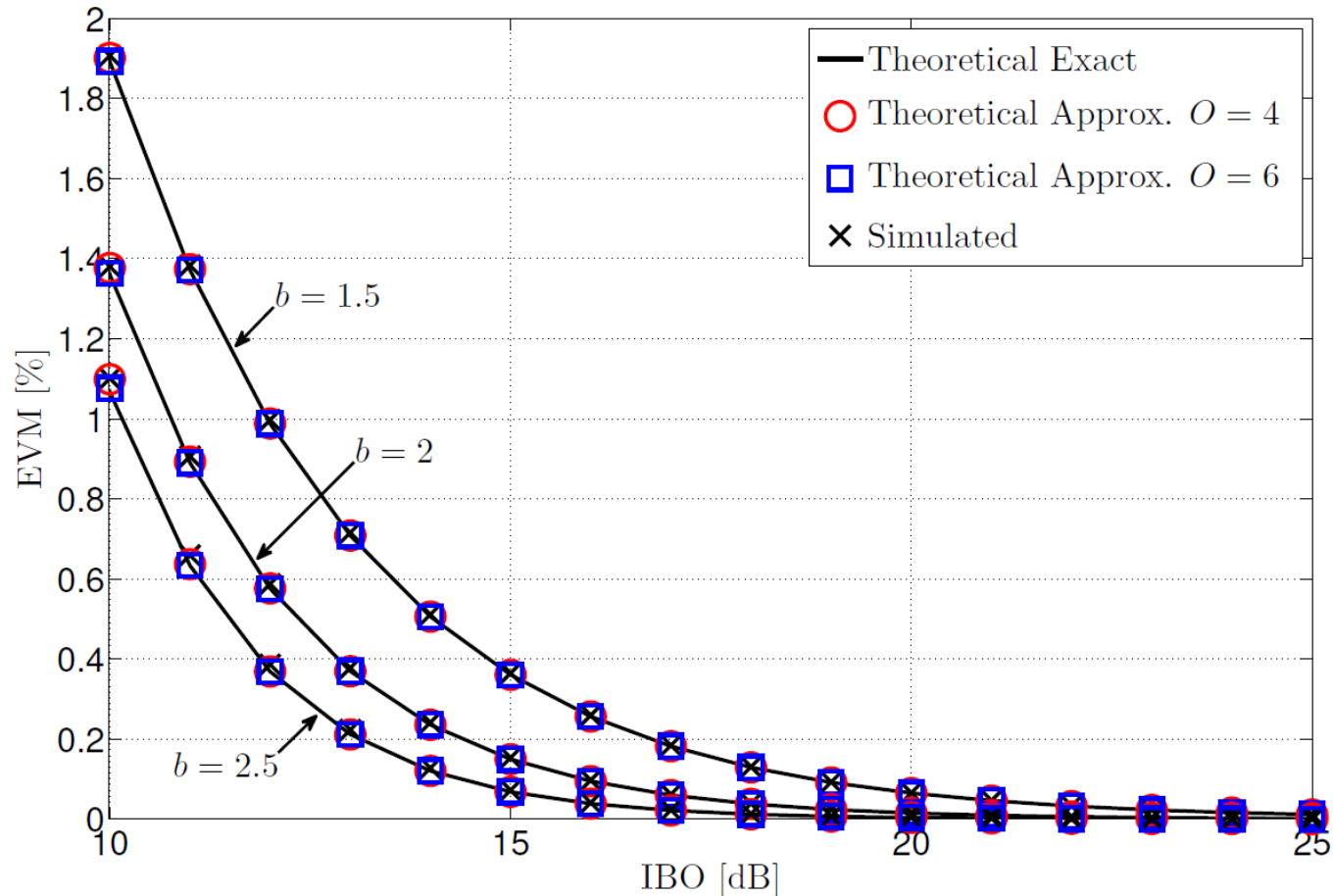
$$E \left\{ |Z_k - X_k|^2 \right\} = \int_{R_{min}}^{R_{max}} \left| r - \frac{r}{\left( \left( 1 - \left( \frac{r}{A} \right)^{2a} \right)^{\frac{b}{a}} + \left( \frac{r}{A} \right)^{2b} \right)^{\frac{1}{2b}}} \right|^2 \frac{2r^2}{P_r} \exp^{-\frac{r^2}{P_r}} dr$$



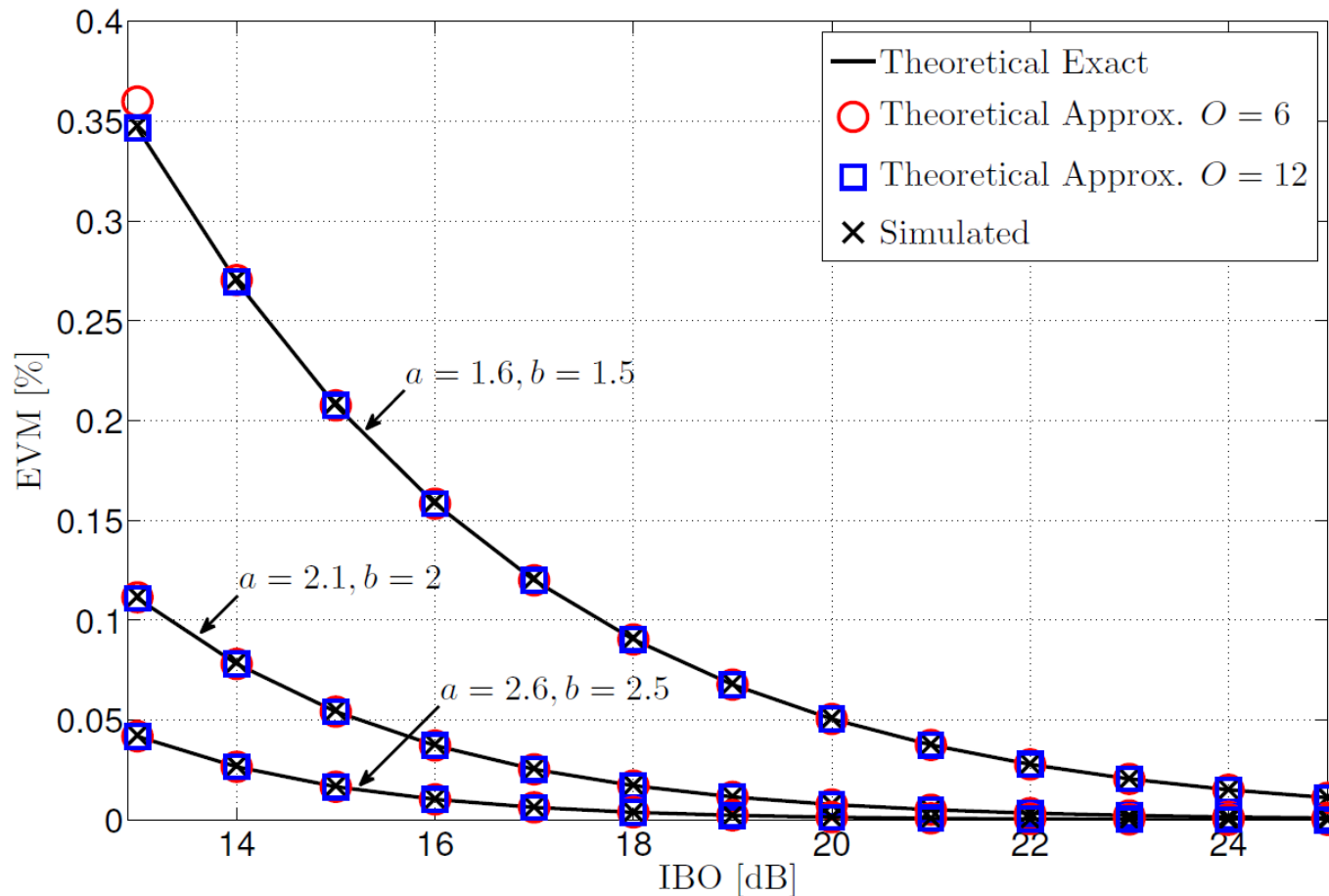
$$\text{EVM} = \left[ - \left( e^{-\text{PAPR}} (\text{PAPR} + 1) - 1 \right) + \sum_{i=0}^{+\infty} \left[ \binom{-1/b}{i} - 2 \binom{-1/(2b)}{i} \right] \sum_{j=0}^{+\infty} \binom{-b/a}{j} \left( \frac{1}{2b} + i \right) \cdot \left( \frac{P_r}{A^2} \right)^{aj+bi} \cdot (-1)^j \gamma (aj + bi + 2, \text{PAPR}) \right]^{1/2}$$



Sans DPD :



## Avec DPD :



- L'amplificateur dans la chaîne de transmission consomme le plus
- Les méthodes proposées dans la littérature sont étudiées séparément
- Notre approche est :
  - Conjointe et Adaptative
  - Prend en compte les conditions de transmission
- Notre première contribution est le calcul analytique de l'EVM
- Perspectives
  - Analyse théorique de l'impact des autres paramètres à prendre en compte par le moteur de décision (ACPR, niveau de batterie,...)
  - Optimisation globale en fonction du contexte d'application

- A. Cheaito, M. Crussière, Y. Louët and J. H  lard “EVM derivation for multicarrier signals: joint impact of non-linear amplification and predistortion,” submitted in IEEE 81st Vehicular Technology Conference 2015.

- Abel GOUBA, approche conjointe de la réduction du facteur de crête et de la linéarisation dans le contexte OFDM: thèse à Supélec / IETR, Rennes 2013
- Désiré GUEL, Etude de nouvelles techniques de réduction du « facteur de crête » à compatibilité descendante pour les systèmes multiporteuses : thèse à université Rennes 1 / IETR
- Livrable D2.3 projet EARTH
- P. Kenington, “High-Linearity RF Amplifier Design,” IEEE AECS System Magazine, 2001.
- B. Ai, Z.-X. Yang, C.-Y. Pan, T.-T. Zhang, Y. Wang, and J.-H. Ge, “Improved LUT Technique for HPA Nonlinear Pre-Distortion in OFDM Systems,” Wireless Personal Communications, pp. 495–507, 2006.
- Ming Ding, Ben Jones, and Jaeweon Kim. Joint optimization of PAR reduction and digital predistortion for wireless LAN applications. In Texas wireless symposium, 2005.

**MERCI POUR VOTRE ATTENTION**